



**DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**Cilt: 12 Sayı: 1 sh.47-61 Ocak 2010**



**KENTİÇİ OTOBÜS TAŞIMACILIĞINDA TALEP TAHMİNİ VE FİYAT**  
**ANALİZLERİ: DENİZLİ ÖRNEĞİ**

**(PREDICTION OF PUBLIC BUS TRANSPORT DEMAND AND BUS FARE**  
**ANALYSES IN URBAN AREAS: AS A DENİZLİ CASE STUDY)**

**Cenk OZAN\*, Halim CEYLAN\*, Soner HALDENBİLEN\*, A. Bora YAŞAR\***

**ÖZET/ABSTRACT**

Kentiçi ulaşım sistemlerindeki türel ayırım oranlarının ve özel araçlara olan talebin hızla değişmesinden dolayı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki orta ve büyük ölçekli şehirlerde trafik sıkışıklığı ve tıkanıklıkları hızla artmaktadır. Ayrıca, konfor ve erişebilirlik beklentilerinin de yükselmesi, özel araç kullanımını artırmakta ve toplu taşıma kullanım oranının azalmasına neden olmaktadır. Toplu taşıma sistemleri, arzu edilen servis kalitesini sağlayabilmek için arz ve talep arasındaki dengeyi sağlamalıdır. Bu nedenle, bir toplu taşıma sistemi tasarlanırken diğer tüm sistemlere olan talep belirlenmeli ve bu talepler tasarımıda hesaba katılmalıdır. Ayrıca, hızlı nüfus artışı ve köyden kente göçün artması nedeniyle artan toplu taşıma talebinin yönetilmesi gerekliliği açıktır. Bu sebeple değinilen konuların önemi doğrultusunda, toplu taşıma talebinin belirlenmesi, tahmin edilmesi ve geleceğe yönelik olarak toplu taşıma yönetim şekillerinin oluşturulması bu çalışmanın önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında, Denizli kentinde kentiçi otobüsle toplu taşıma sisteminin değerlendirilmesi yapılmış ve geleceğe yönelik talep tahmini ile birlikte işletme maliyetlerini de dikkate alarak bilet fiyat analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde otobüsle toplu taşıma talebi, talebe dayalı yıllık ortalama artış oranı, Kraft Talep Modeli, sabit mobilite faktörü kullanılmıştır. Tahminlere bağlı olarak geliştirilen farklı senaryolar altında arz-talep analizi yapılmıştır. Sonuçlar, Kraft Talep modelinin kentiçi otobüs taşımacılığına olan talebin belirlenerek bilet ücretlerinin bugün ve gelecekte kolaylıkla planlanabileceğini göstermiştir.

*Traffic congestions have increased in large and medium size cities in developed and developing countries because of changes in mode choices and increase on demand for private vehicles. In addition, increase on expectations for comfort and access has led to frequent use of private vehicles and caused decrease on the use of urban mass transportation. Mass transportation systems should ensure equilibrium of demand and supply to provide desired level of service. Therefore, while mass transportation systems are being planned, demand for other systems should be determined and taken into consideration in planning. Furthermore, public transport demand should be managed because of rapid population growth and migration. The purpose of this study is to determine the current use of mass transportation and estimate the future demand for mass transportation accordingly and compose mass transportation management patterns for future.*

*In this study, urban public bus transport system in Denizli has been evaluated and the bus fare analyses are carried out taking into account future demand with the operating costs. The demand analyses including the Kraft Demand Model, fixed mobility factor and average annual growth rate are performed. Under different scenarios supply demand analyses were conducted. Results showed that bus fare in current and future cases can be easily determined. It also showed that Kraft Demand Model may be used for demand and bus fare analyses.*

**ANAHTAR KELİMELE/KEYWORDS**

Toplu Taşıma, talep analizi, talep modellemesi

Public transport, demand analysis, demand modeling

\*[cozan@pau.edu.tr](mailto:cozan@pau.edu.tr), [halimc@pau.edu.tr](mailto:halimc@pau.edu.tr), [shaldenbilen@pau.edu.tr](mailto:shaldenbilen@pau.edu.tr), [ahmetbora@thesab.com](mailto:ahmetbora@thesab.com), Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı Kınıklı Yerleşkesi 20070 DENİZLİ

## 1. GİRİŞ

Ulaşım talebindeki artış, dünya genelindeki gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki orta ve büyük ölçekli şehirlerde trafik sıkışıklık ve tıkanıklarını artırmaya devam etmektedir. Bunun bir sonucu olarak ta, dünya genelinde birçok şehirde konfor ve erişebilirlik beklentilerinin yükselmesi, özel araç kullanımını artırmış ve toplu taşıma kullanımının azalmasına neden olmuştur. Çizelge 1’de başlıca büyük şehirlerde toplu taşımanın toplam taşımacılıktan aldığı paylar görülmektedir. 1980’li yıllarda ortalama % 19.5 olan toplu taşıma pazar payı, takip eden 10 yıllık süreçte ortalama % 13.3 oranında azalmıştır. 1980 ile 2000 arasında en büyük azalma Kuala Lumpur’da, en küçük azalmalardan biri ise Londra’da gözlenmiştir. Londra’daki bu düşük azalma yüzdesi ise özel araç sahipleri için uygulanan yol kullanım ücretlendirilmesi ile ilgili yasal düzenlemelere bağlı olarak düşünülebilir (Urban Transport Fact Book, UTFB 2005).

Hindistan’daki toplu taşıma problemleri incelendiği zaman, bireysel seyahat gereksinimini azaltıp, toplu taşıma sistemini destekleyici bir yöntem geliştirilmesi ve yasal mevzuatın yeniden düzenlenmesi gerekliliği belirtilmiştir (Singh, 2005).

Taşımacılık şartlarının bir ülkeden diğerine büyük farklılıklar gösterdiği göz önüne alınsa bile toplu taşımacılık sistemleri, gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin hemen hemen tamamında birçok sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Bunun başlıca nedenleri; teknik personel yetersizliği, toplu taşıma planlamasındaki bilgi yetersizliği ve var olan toplu taşıma sistemlerinin iyileştirilememesi ya da yeni sistemlerin yapılması için gerekli finansal kaynağın sağlanamamasıdır (Ceylan vd., 2007).

Üçüncü dünyada toplu taşıma sistemlerinin sağlıklı bir şekilde işlemelerini engelleyen başlıca faktörler ise bu alandaki yolsuzluklar ve bunun yol açtığı verimsizlik, servislerdeki kalabalık ve konforsuzluk, otobüslerin işletim hızlarını düşüren tıkanıklıklar, toplu taşıma hizmetinin verildiği çevresel ortamdaki düzensizlikler ve koordinasyon eksiklikleri olarak sayılabilir. Hava kirliliği, gürültü, tıkanıklık ve kazalardan kaynaklanan ölümlerin artışı da gelişmekte olan ülkelerin karşı karşıya oldukları toplu taşımadan kaynaklanan sorunların başında gelmektedir (Pucher ve Korattyswaroopam, 2004).

Gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir bir toplu taşıma sisteminin oluşturulabilmesi için uygun bir kanuni çerçevenin oluşturulması önemlidir. Ayrıca, toplu taşıma kullanıcıları, servis sağlayıcıları ve düzenleme mercileri arasındaki iletişim ve koordinasyonun önemi de bulunmaktadır. Yapılacak düzenlemelerin açık, dürüst ve etkili olması ayrıca çok detaylı ve anlaşılması zor olmaması gerekmektedir (Sohail vd., 2005).

Toplu taşıma pazarı ve bu pazarın geliştirilmesi için gerekli yeniliklerin rolü gözden geçirilmiştir. Olası yenilikler, teknik yenilikler ve servis yenilikleri olarak sınıflandırılmıştır. Toplu taşımda uygulanabilecek yenilik sınıflandırılması açıklanmış ve bunun altyapıya, araçlara ve servis operasyonlarına uygulanabilirliği tanımlanmıştır. Birbirinden farklı düzenleme reformlarının uygulanabilirliklerinin analizi için İngiltere ve Almanya örnekleri incelenmiştir. Sonuçta, hem teknolojik hem de işletimsel yeniliklerin toplu taşıma sistemi için önemi belirtilmiş ve ortaya konulan teorinin toplu taşıma sektörüne detaylı olarak uygulanması sonraki çalışmalara bırakılmıştır (Ongkittikul ve Geerlings, 2006).

Toplu taşıma sistemleri, arzu edilen servis kalitesini sağlayabilmek için arz ve talep arasındaki dengeyi sağlamalıdır. Bu nedenle, bir toplu taşıma sistemi tasarlanırken diğer tüm sistemlere olan talep belirlenmeli ve bu talepler tasarımda hesaba katılmalıdır. Türkiye’nin birçok şehrindeki toplu taşımacılık problemlerinin başında minibüs türünün kontrolündeki zorluklar ya da minibüslerin şehiriçinden kaldırılamaması gelmektedir. Bu sorunun nedeni,

hızlı nüfus artışı ve köyden kente göçün artması nedeniyle artan toplu taşıma talep yönetiminin, geleceğe yönelik planlama ve veri derleme çalışmalarının yetersizliği ile taşıma kapasiteleri ve trafikteki manevra kabiliyetleri nedeniyle minibüs servislerinin otobüs servislerine göre daha kolay hizmete sokulabilmesidir (Ceylan vd., 2007).

Çizelge 1. Toplu taşıma Pazar payı eğilimleri (Urban Transport Fact Book UTFB, 2005)

Şehirler	1980 (%)	Sonraki Yıl (SY)	SY (%)	Değişim (%)	Onyıllık Değişim (%)
Amsterdam	20.4	1995	16.9	-16.8	-11.6
Copenhagen	21.0	1995	17.4	-17.2	-11.8
Frankfurt	35.8	1995	14.2	-60.3	-46.0
Hamburg	23.1	1995	14.8	-35.9	-25.7
Hong Kong	80.5	1995	73.0	-9.3	-6.3
Jakarta	52.9	1995	44.8	-15.4	-10.6
Kuala Lumpur	30.2	1995	10.8	-64.3	-49.6
London	19.8	1995	17.1	-13.6	-9.3
Los Angeles	2.7	2001	1.5	-44.3	-24.3
Munich	35.2	1995	29.4	-16.6	-11.4
New York	14.1	2001	11.0	-21.8	-11.0
Paris	32.5	1995	24.1	-25.7	-18.0
Tokyo	68.5	1995	56.6	-17.4	-11.9
Toronto	25.7	1990	15.2	-40.8	-40.8
Washington	5.0	2001	4.0	-20.2	-10.2
Ortalama	19.5		14.6	-19.1	-13.3

Otobüslere olan talebin artırılabilmesi için fiyat bazında çalışmaların yapılması ve araştırılması gerekliliği açıktır. Bu amaçla, çalışmada kentiçi otobüsle toplu taşıma sistemi değerlendirilmiş ve Kraft Talep modelinin; toplu taşıma talebinin belirlenebilmesi ve bilet fiyat analizlerinin yapılabilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca, önerilen farklı iki senaryoya bağlı olarak kentiçi otobüsle toplu taşıma sistemi için geleceğe yönelik politikalar irdelenmiştir.

## 2. MEVCUT TOPLU TAŞIM SİSTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Toplu taşıma servisleri bir ülkeden diğerine, şehiriçi ve şehirlerarası bölgelerde farklılıklar göstermektedir. Örnek olarak Türkiye’de alışlagelmiş başlıca iki şehiriçi toplu taşıma sistemi mevcuttur. Bunlar; otobüs ve minibüs servisleridir. Bunlardan ikincisi, ‘yerel yönetim kontrollü özel girişim taşımacılığı’ olarak düşünülebilir. Otobüs ve minibüs taşımacılıklarının yönetim birimleri sırasıyla il belediye meclisi ve özel ortaklıklardır. Türkiye’de minibüs taşımacılığı genellikle 14 yolcu kapasiteli minibüsler ile yapılmaktadır. Bu değer izin verilen en fazla yolcu taşıma değeri olmasına rağmen, daha fazla yolcunun taşınması ve yolcu indirip bindirmek için güvenlik kurallarını ihlal ederek yol ortalarında durmalar sıklıkla gözlenmektedir.

Minibüsler, otobüslerin kullandığı yol kesimleri üzerinde işletilmektedir. Bu durum, otobüs işletmelerinin gelir kaybetmesine ve ekonomik sıkıntı içine girmelerine neden

olmaktadır. Bu nedenle her iki sistemin de daha koordineli çalıştırılması, kontrol edilmesi ve verimliliklerinin artırılması gerekmektedir. Buna ek olarak minibüs sürücüleri, anlamsız rekabet anlayışları ve trafik ihlalleri nedeni ile şehiriçi trafiğinde karmaşıklığa yol açmaktadırlar. Bu karmaşıklık sadece yol kapasite problemlerinin doğmasına neden olmayıp aynı zamanda trafik güvenliğinin de tehlikeye girmesine neden olmaktadır.

Minibüs taşımacılığına duyulan talebin hızla artmasından dolayı otobüs taşımacılığı geride kalan birkaç on yıl içinde beklenen talep artışını yakalayamamıştır. Bunun yanı sıra seyahat edenlerin özel araç kullanımına yönelmeleri nedeniyle otobüs taşımacılığına olan talep azalmakta ve servis sağlayıcılarının elde ettiği gelir düşmektedir.

## 2.1. Taşıt Sahipliğindeki Artış ve Türel Ayrım

İstatistiki verilere göre 2008 yılı itibariyle ülkemiz karayollarında toplam 13 milyon motorlu taşıt kullanılmaktadır (Karayolları Genel Müdürlüğü, KGM, 2008). Son 10 yıl için Türkiye'deki yıllık toplam motorlu taşıt sayısındaki artış ortalama %7 civarındadır. Türkiye'nin batısında yer alan ve büyük çapta endüstriyel yapıya sahip olan Denizli ili için kişi başına araç sahipliği oranı % 25 civarında olup % 15'lik ülke ortalamasının birbuçuk katından daha fazladır. Şehir nüfusunun % 44'ü ortalama 0-3 km değerleri arasındaki uzaklıkları yaya olarak kat etmektedir. 3 km'nin üzerindeki uzaklıklar için özel araç ve toplu taşıma türleri baskındır. 5-12,5 km arasındaki yolculukların % 67'si toplu taşıma araçları ile yapılmaktadır. Şehir için türel ayrım değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. (Denizli Belediyesi Ulaşım Ana Planı, UAP 2002).

Çizelge 2. Denizli'de türel ayrım (UAP, 2002)

Türel Ayrım	%
Yürüme	44
Servis araçları	16
Minibüs	15
Özel araba	14
Otobüs	9
Motosiklet	2

Şehirde minibüs kullanımının payı %15 iken bu pay otobüs için %9 ve servis araçları için %14'tür. Çizelge 2'den görüleceği üzere özel araç kullanımı %14 ve toplu taşıma araçlarının kullanımı ise toplamda %40 civarındadır. Şehiriçi trafik yönetimi açısından değerlendirildiğinde her iki değer de, gelecekte korunması gereken mertebededir. Toplu taşıma için daha düşük bir değer ya da özel araç kullanımı için daha yüksek bir değer, önceki bölümlerde bahsedilen olumsuz etkilerin oluşmasında önemli bir pay sahibi olacaktır.

Gelişmiş ülkelerde minibüslerin toplu taşıma amaçlı kullanımı genellikle tercih edilmemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde kullanımı yaygın olan bu toplu taşıma türüne olan talebin hızlı bir şekilde artması, özellikle şehir merkezlerinde trafik problemlerinin artmasına ya da yeni problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Türkiye'de bu türün kullanımının bazı avantajları vardır. Bunlardan en belirginini; otobüslere göre daha düşük yolcu kapasiteli (1/5) olmaları nedeniyle yüksek sıklık ve esneklikte hizmet verebilmeleridir. Bu nedenle kısıtlı zaman dilimlerinde ev-okul, ev-iş gibi yolculuklar yapmaları gereken kişiler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Bu durumda da yolcu kapasiteleri minibüslerin yaklaşık 5 katı

olan otobüsler, gerekli talebin olmamasından dolayı şehrin ancak kısıtlı bölgelerinde ve oldukça seyrek zamanlama ile hizmet verebilmektedirler (Ceylan vd., 2007).

Yerel yönetimlerin toplu taşıma politikaları açısından minibüs taşımacılığı şehir için bir istihdam kaynağı oluşturmaktadır, ancak bu sistemin de bazı önemli dezavantajları vardır. Hizmet veren taşıt sayısının çok fazla olmasından dolayı denetlenmelerindeki zorluklar ve sürücülerin daha fazla yolcu taşımak için gösterdikleri bencilce davranışlar nedeniyle trafik güvenliğinin azalmasına, sıkışıklıkların artmasına ve trafik kazalarında artışa neden olmaktadır.

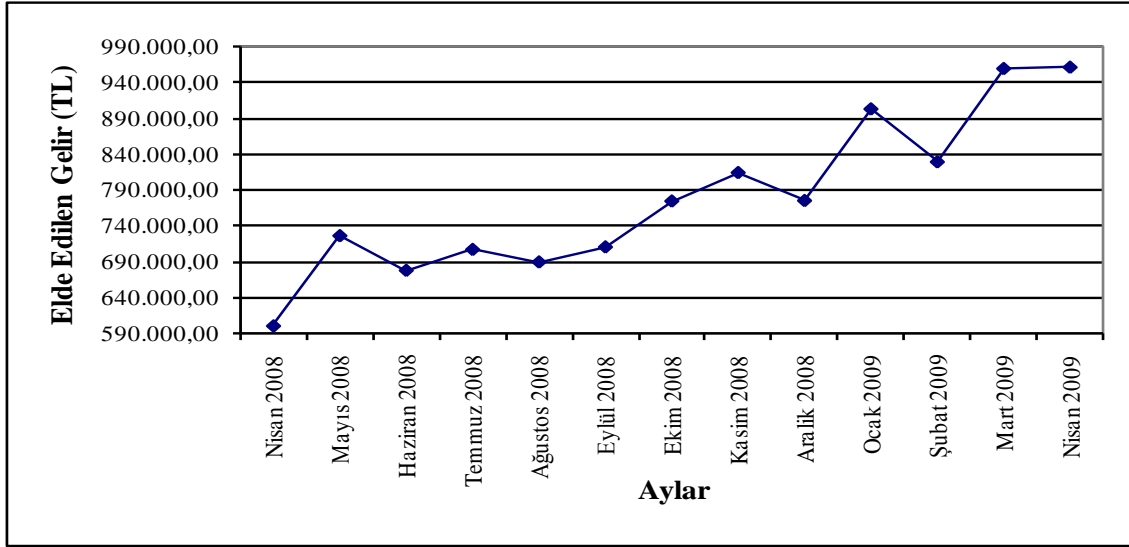
## 2.2. Kentiçi Otobüs Taşımacılığının Mevcut Durumu

Denizli ilinde kentiçi otobüs taşımacılığı sistemi ile ilgili elde edilen veriler 2008 yılının Nisan ayı ile 2009 yılı Nisan ayları arasındadır. Bu veriler; otobüsle taşımacılıktan elde edilen toplam gelir, yolcu başına getiri ve taşınan yolcu sayısıdır. Elde edilen gelir, yolcu başına getiri ve taşınan yolcu sayısı Çizelge 3’de ve sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir. Ayrıca, Kasım 2008 ile Haziran 2009 arasında otobüsle toplu taşımacılığın maliyet verileri de elde edilmiştir.

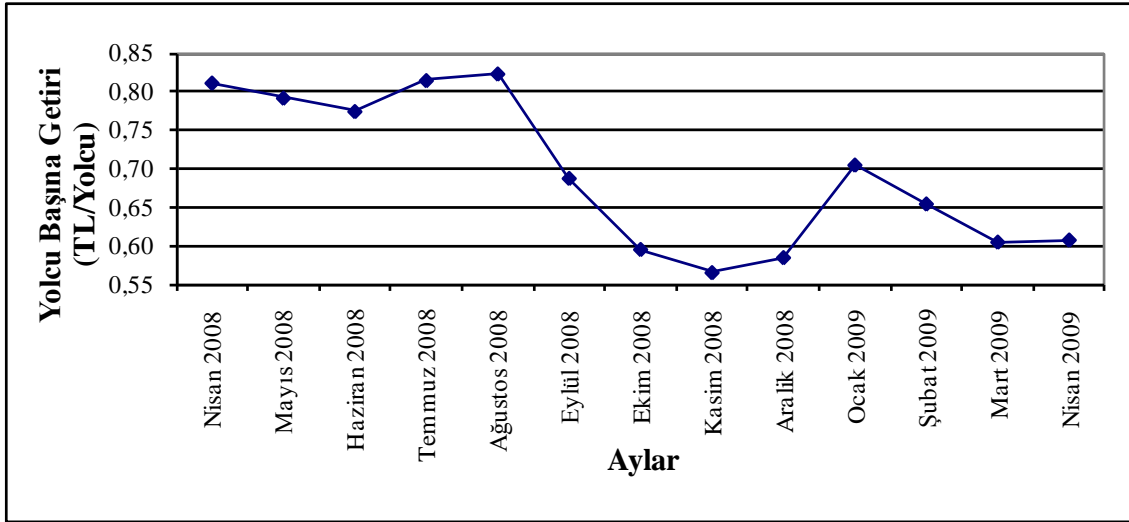
Çizelge 3. Otobüsle toplu taşımacılıktan elde edilen gelir, yolcu başına getiri ve taşınan yolcu sayısı

Aylar	Gelir (TL)	Yolcu başına getiri (TL/Yolcu)	Taşınan Yolcu Sayısı
Nisan 2008	600.871,58	0,81	739.874
Mayıs 2008	726.581,13	0,79	916.855
Haziran 2008	678.278,34	0,77	875.198
Temmuz 2008	707.421,00	0,82	867.649
Ağustos 2008	689.968,95	0,82	837.398
Eylül 2008	710.913,38	0,69	1.033.426
Ekim 2008	774.871,12	0,60	1.301.599
Kasım 2008	814.508,58	0,57	1.441.227
Aralık 2008	775.542,61	0,58	1.326.356
Ocak 2009	903.153,43	0,71	1.280.530
Şubat 2009	829.443,35	0,65	1.267.036
Mart 2009	959.408,83	0,60	1.585.965
Nisan 2009	961.258,79	0,61	1.581.949

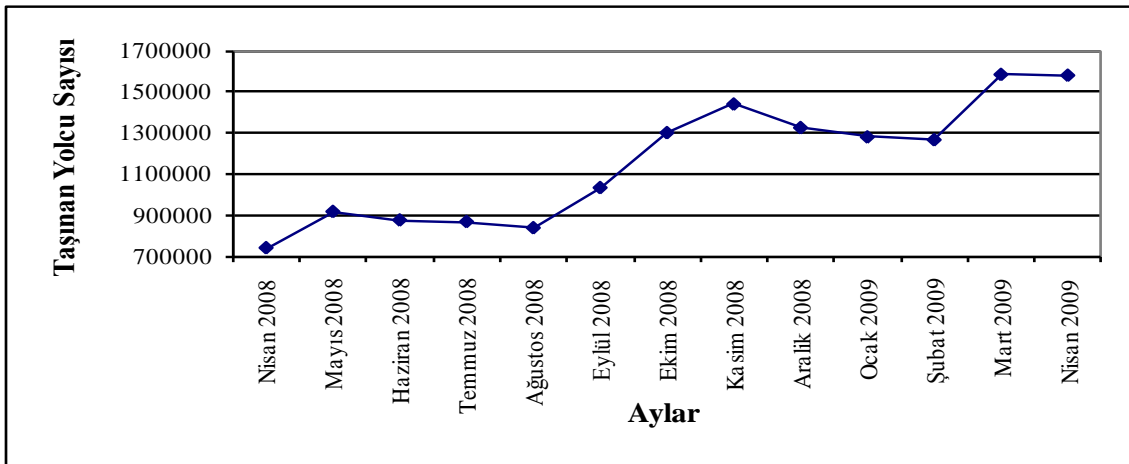
Şekil 1 ve Şekil 2 incelendiğinde Nisan 2008 ile Mayıs 2008 arasında yolcu başına getiri azaldığı için taşınan yolcu sayısı artmıştır. Mayıs 2008 ile Ağustos 2008 arasında taşınan yolcu sayısı ve yolcu başına getiri çok önemli değişiklik göstermediği söylenebilir. Ağustos 2008’den sonra ise yolcu başına getiri azaldığı için taşınan yolcu sayısı artmıştır. Bunda ilköğretim ve orta öğretim okullarının açılması ile öğrencilerin otobüsle toplu taşımacılık sistemini kullanmaya başlamasının önemli bir etkisi vardır. Kasım 2008’den sonra taşınan yolcu sayısında dalgalı bir değişim görülmektedir. Diğer bir önemli nokta ise Şubat 2009’daki yolcu başına getirinin bir önceki ay olan Ocak 2009’daki getiriden az olmasına rağmen taşınan yolcu sayısı azalmasıdır. Bunun sebebi olarak kış aylarında şehirde yaşayan insanların kentiçi ulaşımında otobüsle toplu taşıma sistemini kullanmadıkları, insanların kentiçi ulaşımında diğer ulaşım türlerini (özel oto, minibüs veya yaya) tercih ettikleri sonucu çıkarılabilir.



Şekil 1. Elde edilen toplam gelir



Şekil 2. Yolcu başına getiri



Şekil 3. Taşınan yolcu sayısı

Şekil 3'te görülebileceği gibi taşınan yolcu sayılarında Mayıs 2008 ile Ağustos 2008 ayları arasında çok fazla değişiklik göstermemiştir. Bunun başlıca nedenlerinden biri okulların tatile girmesidir. Kasım 2008 ile Ocak 2009 ayları arasında da taşınan yolcu sayısında azalma görülebilmektedir.

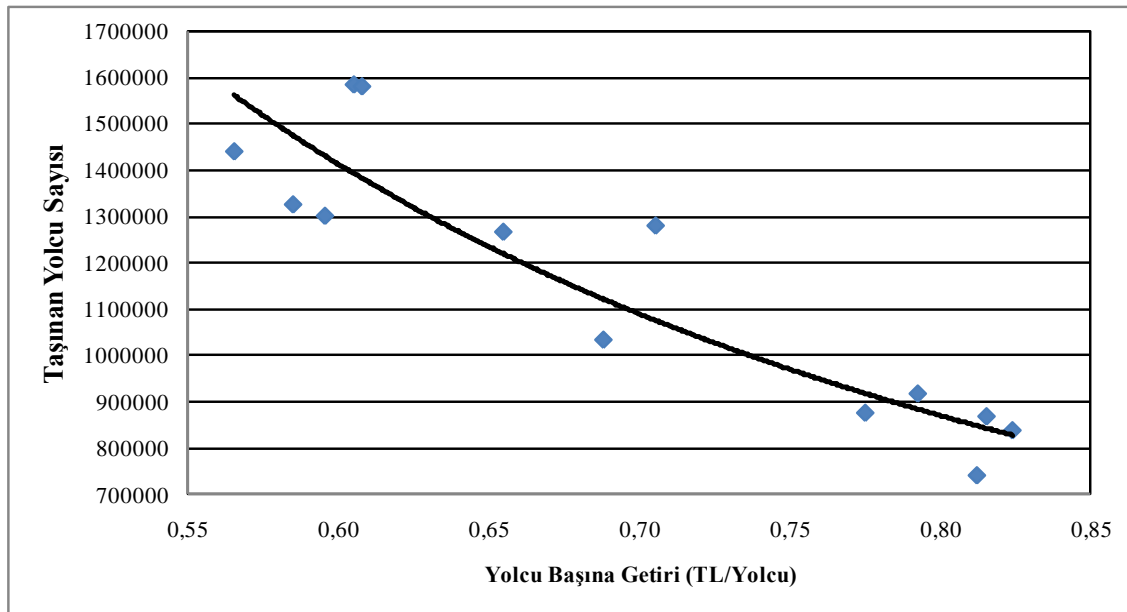
### 2.3. Otobüsle Toplu Taşıım Sistemi Talebinin Tahmini

Denizli için yıllık ortalama nüfus artışı % 2,84 olarak belirtilmiştir (TUİK, 2009). Bu çalışmada, otobüsle toplu taşıım talebinin kentteki nüfus artışı ile doğru orantılı olarak arttığı yani mobilitenin değişmediği kabulü ile otobüsle toplu taşıım talebinin tahmini için Kraft Talep Modeli kullanılmıştır. Kraft Talep Modeli Eşitlik (1)'de verilmiştir.

$$Q = \alpha(P)^{\beta} \quad (1)$$

Burada  $P$  yolcu bilet ücretini,  $Q$  yolculuk talebini temsil etmektedir.  $\alpha$  ve  $\beta$  talep fonksiyonunun sabit parametreleri olup  $\beta$  parametresi fiyat elastikliğini temsil etmektedir. Kraft talep modeli; ulaşım talebi, bilet ücreti ve  $\alpha$  ve  $\beta$  olarak belirtilen sabit parametrelerin fonksiyonudur. Çalışmada, Kraft Talep modelinde bilet ücretleri yerine otobüs taşımacılığında sağlanan toplam gelir verileri kullanılarak yolcu başına getiri kullanılmıştır.

Elde edilen verilerden yararlanarak Nisan 2008 ile Nisan 2009 ayları arasında otobüsle toplu taşımacılıkta yolcu başına getiri ile taşınan yolcu sayıları arasındaki ilişki Şekil 4'de verilmiştir.

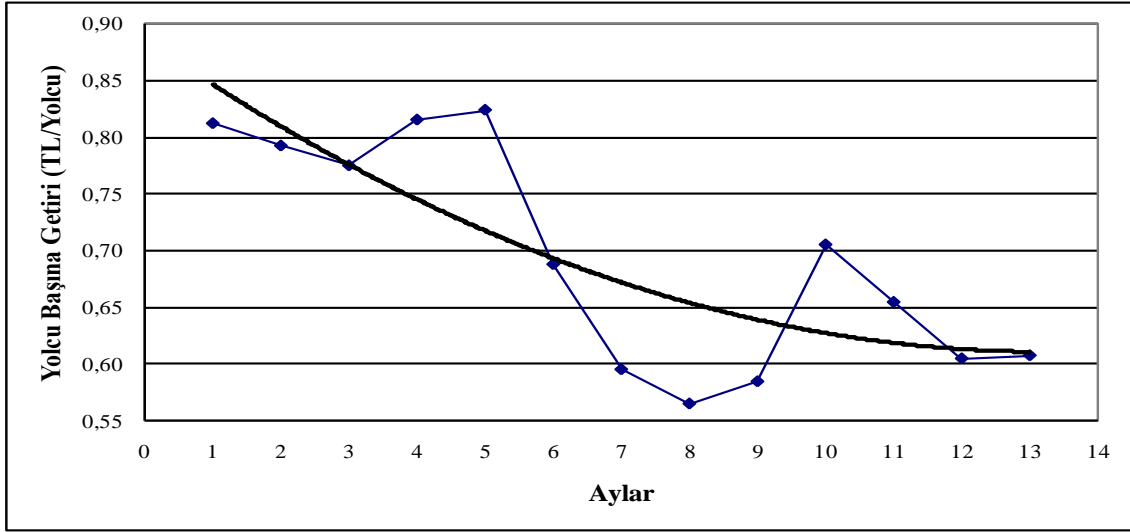


Şekil 4. Taşınan yolcu sayıları ile yolcu başına getiri arasındaki ilişki

Şekil 4'deki taşınan yolcu sayıları ile yolcu başına getiri arasındaki ilişki Eşitlik (2)'de verilmiştir. Burada,  $X$  yolcu başına getiriyi,  $Y$  taşınan yolcu sayılarını temsil etmektedir.

$$Y = 597507 * X^{-1,6853} \quad R^2 = 0,8487 \quad (2)$$

Şekil 5'te Nisan 2008 ile Nisan 2009 ayları arasındaki yolcu başına getirilerin nasıl bir değişim gösterdiği verilmiştir.



Şekil 5. Nisan 2008 ile Nisan 2009 ayları arasındaki yolcu başına getirilerin değişimi

Gelecek aylardaki yolcu başına getirinin nasıl değişeceği ve bu değişimle birlikte taşınan yolcu sayısının ne olacağını görebilmek için Eşitlik (3) geliştirilmiştir.

$$Y = 0,0016 * X^2 - 0,0417 * X + 0,8869 \quad R^2 = 0,6423 \quad (3)$$

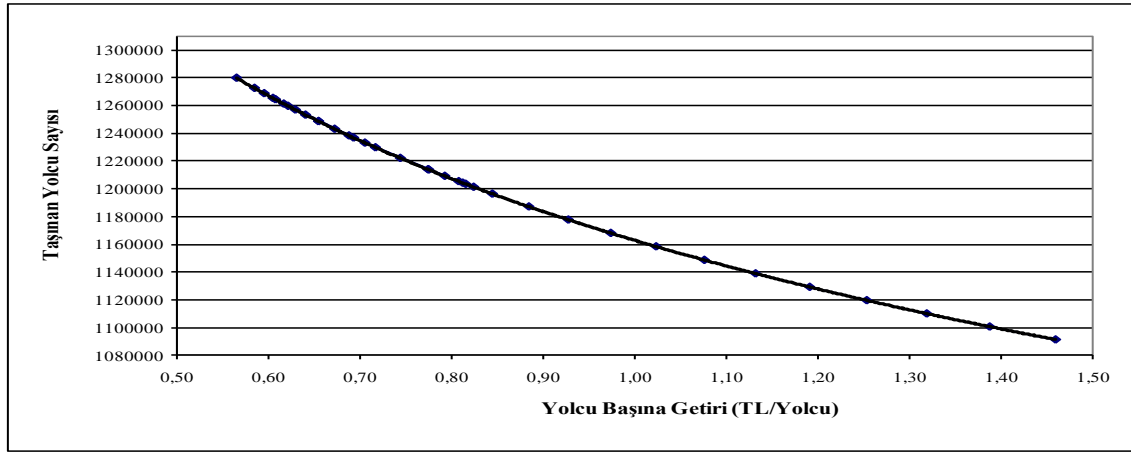
Burada;  $Y$  yolcu başına getiriyi,  $X$  zaman serisini yani ayları temsil etmektedir; Nisan 2008 = 1, Mayıs 2008 = 2, ....., Nisan 2009 = 13. Yukarıda verilen ilişkiye göre Nisan 2009'dan başlayarak 24 ay daha yani Mart 2011'e kadar yolcu başına getirilerin ne olabileceği konusunda tahmin yapılmıştır. Bu tahmin Çizelge 4'de görülebilmektedir. Çizelge 4'de belirtilen yolcu başına getiriler ile taşınabilecek yolcu sayıları Kraft Talep Modeli ile tahmin edilmiştir. Bu tahmini yaparken Nisan 2008 ile Nisan 2009 ayları arasındaki yolcu başına getiriler ve taşınan yolcu sayıları gözlem verisi olarak alınmıştır. Modelin katsayıları belirlenirken En Küçük Kareler (EKK) yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan model sonucu bulunan yolcu başına getiriler ile taşınan yolcu sayıları aşağıdaki Şekil 6'da görülebilmektedir. Kraft Talep Modeli ile oluşturulan model aşağıdaki gibidir. Kraft Talep Modelinin (KTM) katsayıları bulunurken "Çözücü" programı kullanılmıştır. Burada  $X$  yolcu başına getiriyi,  $Y$  taşınan yolcu sayılarını temsil etmektedir.

$$\text{KTM} \quad Y_{KTM} = 1162847,91 * X^{-0,168} \quad R^2 = 1 \quad (4)$$

Çizelge 4. Mayıs 2009 ile Mart 2011 arasındaki yolcu başına getirilerin tahmini

Ay	Yolcu Başına Getiri (TL/Yolcu)	Ay	Yolcu Başına Getiri (TL/Yolcu)
Mayıs 2009	0,62	Mayıs 2010	0,88
Haziran 2009	0,62	Haziran 2010	0,93
Temmuz 2009	0,63	Temmuz 2010	0,97
Ağustos 2009	0,64	Ağustos 2010	1,02
Eylül 2009	0,65	Eylül 2010	1,08
Ekim 2009	0,67	Ekim 2010	1,13
Kasım 2009	0,69	Kasım 2010	1,19
Aralık 2009	0,72	Aralık 2010	1,25
Ocak 2010	0,74	Ocak 2011	1,32
Şubat 2010	0,77	Şubat 2011	1,39
Mart 2010	0,81	Mart 2011	1,46
Nisan 2010	0,84		





Şekil 6. KTM sonuçları

KTM sonucu bulunan değerlere bakıldığı zaman yolcu başına getiriler ile taşınan yolcu sayıları arasındaki ilişkinin ulaştırmadaki ters talep ilişkisine uyduğu söylenebilmektedir. Yani yolcu başına getirinin artması ile taşınan yolcu sayısı azalacaktır.  $Y_{KTM}$ 'den görülebileceği gibi yolcu başına getirilerdeki artışın taşınan yolcu sayısı üzerinde negatif üssel bir etkisi olduğu açıktır. Oluşturulan model yardımıyla Denizli kentindeki hareketliliğin değişmediği varsayımıyla kentiçi otobüs işletmeciliğinde ileride uygulanabilecek yolcu başına getiri politikaları belirlenerek taşınacak yolcu sayısının tahmini rahatlıkla yapılabilecektir. Dahası yolcu başına getiri politikalarında değişik senaryolar üreterek kentiçi otobüsle toplu taşımının daha cazip hale gelmesi sağlanabilir. Böylelikle kent içindeki özel taşıt yoğunluğunun neden olduğu trafik sıkışıklığı bir miktar rahatlatılabilir.

Kasım 2008 ile Haziran 2009 arasındaki maliyet verilerinin (yakıt ve işçilik maliyeti) yolcu başına değişimi Çizelge 5'de görülmektedir. Bu verilere bakım, onarım ve amortisman maliyeti, yakıt ve işçilik maliyetlerinin % 10'u olarak ilave edilmiştir. Denizli'deki otobüsle toplu taşımacılıkta 250 kişi çalışmaktadır ve çalışanların ortalama maliyeti 1000 TL/ay'dır.

Çizelge 5. Kasım 2008 ile Haziran 2009 arasındaki yolcu başına maliyetler

Aylar	Ort. yakıt tüketimi (Lt/Yolcu)	Ort. yakıt maliyeti (TL/Yolcu)	İşçilik maliyeti (TL)	Taşınan Yolcu Sayısı	Ort. işçilik maliyeti (TL/Yolcu)	Bakım-onarım-amortisman maliyeti (TL/Yolcu)	Toplam maliyet (TL/Yolcu)
Kasım 2008	0,15	0,40	250000	1441227	0,17	0,06	0,63
Aralık 2008	0,15	0,41	250000	1326356	0,19	0,06	0,66
Ocak 2009	0,11	0,34	250000	1280530	0,20	0,05	0,59
Şubat 2009	0,17	0,32	250000	1267036	0,20	0,05	0,57
Mart 2009	0,15	0,30	250000	1585965	0,16	0,05	0,50
Nisan 2009	0,15	0,30	250000	1585965	0,16	0,05	0,50
Mayıs 2009	0,15	0,30	250000	1585965	0,16	0,05	0,50
Haziran 2009	0,15	0,30	250000	1585965	0,16	0,05	0,50

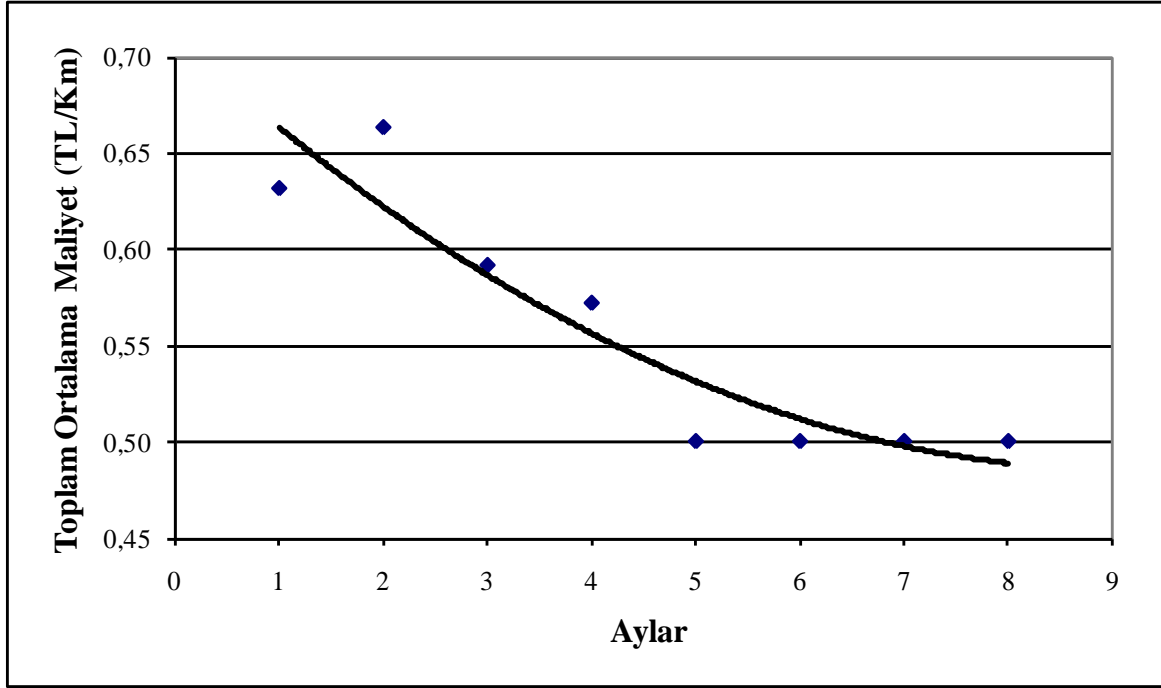
Denizli kentiçi toplu taşımacılık sisteminin yolcu başına ortalama toplam maliyeti Çizelge 5 kullanılarak hesaplanmıştır. Kasım 2008 ile Haziran 2009 arasında yolcu başına ortalama toplam maliyet 0,56 TL'dir. Şekil 7'de yolcu başına toplam ortalama maliyetin değişimi verilmiştir.

Yolcu başına toplam ortalama maliyetin değişimi ile ilgili ilişki

$$Y = 0,0027 * X^2 - 0,0491 * X + 0,7097 \quad R^2 = 0,87 \quad (5)$$

şeklinde bulunmuştur. Burada  $Y$  yolcu başına toplam ortalama maliyeti,  $X$  zaman serisini yani ayları temsil etmektedir.

Eşitlik (5) kullanılarak Haziran 2009 ve Mart 2011 aralığındaki tahmin edilen toplam ortalama maliyetler Çizelge 6'da verilmiştir.

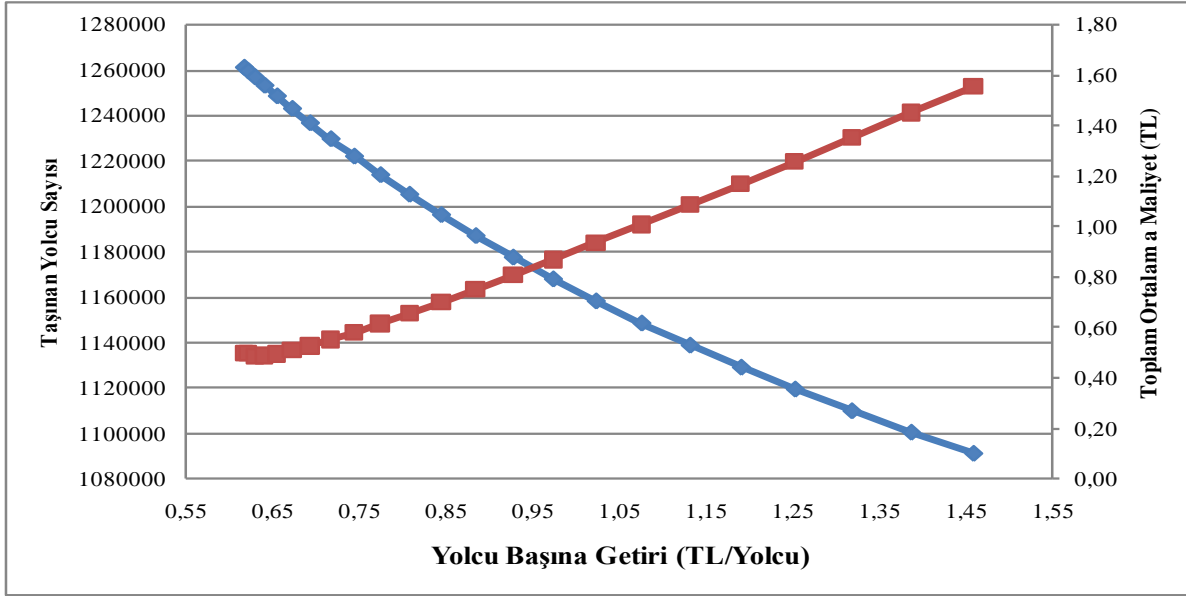


Şekil 7. Kasım 2008 ile Haziran 2009 arasında yolcu başına toplam ortalama maliyetin değişimi

Çizelge 6. Haziran 2009 ile Mart 2011 arasındaki yolcu başına toplam ortalama maliyet tahmini

Ay	Toplam Ortalama Maliyet (TL/Yolcu)	Ay	Toplam Ortalama Maliyet (TL/Yolcu)
Temmuz 2009	0,49	Haziran 2010	0,81
Ağustos 2009	0,49	Temmuz 2010	0,87
Eylül 2009	0,50	Ağustos 2010	0,94
Ekim 2009	0,51	Eylül 2010	1,01
Kasım 2009	0,53	Ekim 2010	1,09
Aralık 2009	0,55	Kasım 2010	1,17
Ocak 2010	0,58	Aralık 2010	1,26
Şubat 2010	0,62	Ocak 2011	1,35
Mart 2010	0,66	Şubat 2011	1,45
Nisan 2010	0,70	Mart 2011	1,56
Mayıs 2010	0,75		

Şekil 8’de Mart 2011’e kadar tahmin edilen yolcu başına getiri,  $Y_{KTM}$  sonucu taşınabilecek yolcu sayısı ve yolcu başına toplam ortalama maliyetin değişimi görülmektedir. Şekil 8 incelendiğinde, Denizli kentindeki otobüsle toplu taşımacılık sistemi için Mart 2011’e kadar denge noktasına yolcu başına getirinin 0,95 TL, ortalama toplam maliyetin 0,85 TL ve 1.175.000 yolcu taşınması durumunda ulaşılabileceği hesaplanmıştır.



Şekil 8. Mart 2011’e kadar taşınabilecek yolcu sayısı, yolcu başına getiri ve toplam ortalama maliyet ilişkisi

### 3. SENARYOLAR

*Senaryo 1:* Nisan 2009’dan itibaren yolcu başına getirilerde enflasyon oranlarına göre aylık % 0,85 (yıllık % 11) artış olması durumunda Mart 2011’e kadar taşınabilecek yolcu sayılarının bulunması;

*Senaryo 2:* Nisan 2009’a kadar olan yolcu başına getirilerin ortalamasında enflasyon oranına göre aylık % 0,85 (yıllık % 11) artış olması durumunda Mart 2011’e kadar taşınabilecek yolcu sayılarının bulunması.

#### 3.1. Senaryo 1

Nisan 2009’daki yolcu başına getiri 0,61 TL’dir. Bu fiyatın enflasyon oranına göre her ay % 0,85 artarak Mart 2011’e kadar oluşacak yolcu başına getiriler Çizelge 7’de gösterilmiştir. Yolcu başına toplam ortalama maliyet 0,56 TL’dir. Çizelge 8’de yolcu başına toplam ortalama maliyetin enflasyon oranına göre her ay % 0,85 artarak Mart 2011’e kadar gelebileceği değerler görülebilmektedir.

Çizelge 7’deki yolcu başına getiriler ile buna bağlı olarak oluşturulan Kraft Talep modeli sonucu taşınabilecek yolcu sayısı ve Çizelge 8’deki Mart 2011’e kadar tahmin edilen yolcu başına toplam ortalama maliyetin değişimi aşağıdaki Şekil 9’da görülebilmektedir. Şekil 9’dan, Senaryo 1’e göre Denizli kentindeki otobüsle toplu taşımacılık sistemi için Mart 2011’e kadar denge noktasına yolcu başına getirinin 0,67 TL, yolcu başına toplam ortalama maliyetin 0,62 TL ve 1.560.000 yolcu taşınması durumunda ulaşılabileceği bulunmuştur.

Çizelge 7. Nisan 2009'daki yolcu başına getirinin her ay enflasyon oranına göre % 0,85 artışı ile oluşacak yolcu başına getiriler

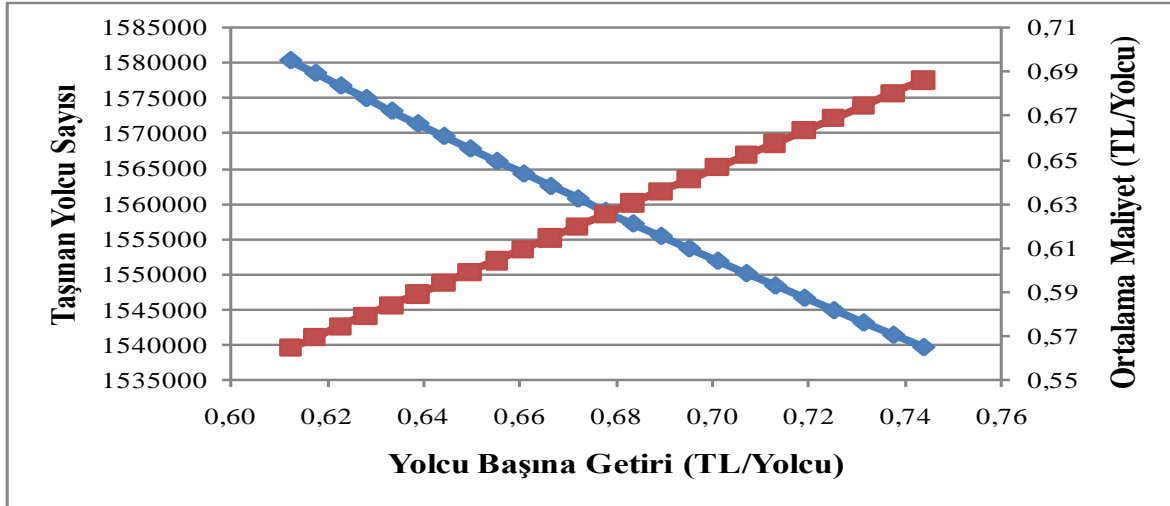
Ay	Yolcu başına getiri (TL/Yolcu)	Ay	Yolcu başına getiri (TL/Yolcu)
Mayıs 2009	0,61	Mayıs 2010	0,68
Haziran 2009	0,62	Haziran 2010	0,68
Temmuz 2009	0,62	Temmuz 2010	0,69
Ağustos 2009	0,63	Ağustos 2010	0,70
Eylül 2009	0,63	Eylül 2010	0,70
Ekim 2009	0,64	Ekim 2010	0,71
Kasım 2009	0,64	Kasım 2010	0,71
Aralık2009	0,65	Aralık2010	0,72
Ocak 2010	0,66	Ocak 2011	0,73
Şubat 2010	0,66	Şubat 2011	0,73
Mart 2010	0,67	Mart 2011	0,74
Nisan 2010	0,67		

Çizelge 8. Yolcu başına toplam ortalama maliyetin enflasyon oranına göre her ay % 0,85 artışı ile oluşabilecek maliyetler

Ay	Toplam ortalama maliyet (TL/Yolcu)	Ay	Toplam ortalama maliyet (TL/Yolcu)
Mayıs 2009	0,56	Mayıs 2010	0,63
Haziran 2009	0,57	Haziran 2010	0,63
Temmuz 2009	0,57	Temmuz 2010	0,64
Ağustos 2009	0,58	Ağustos 2010	0,64
Eylül 2009	0,58	Eylül 2010	0,65
Ekim 2009	0,59	Ekim 2010	0,65
Kasım 2009	0,59	Kasım 2010	0,66
Aralık2009	0,60	Aralık2010	0,66
Ocak 2010	0,60	Ocak 2011	0,67
Şubat 2010	0,61	Şubat 2011	0,67
Mart 2010	0,61	Mart 2011	0,68
Nisan 2010	0,62		

### 3.2. Senaryo 2

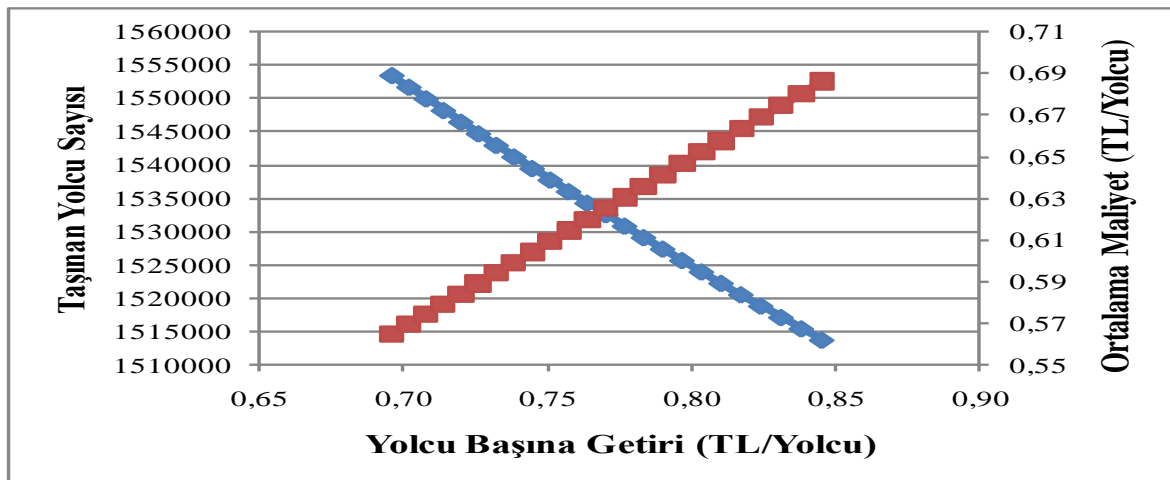
Nisan 2008 ile Nisan 2009 arasında yolcu başına getirilerin ortalaması 0,69 TL'dir. Bu fiyatın enflasyon oranına göre her ay % 0,85 artarak Mart 2011'e kadar oluşacak yolcu başına getirileri Çizelge 9'da gösterilmiştir. Yolcu başına toplam ortalama maliyetlerin enflasyon oranına göre her ay % 0,85 artarak Mart 2011'e kadar gelebileceği değerler Çizelge 8'de verilmişti. Çizelge 9'daki yolcu başına getiriler ile buna bağlı olarak oluşturulan Kraft Talep modeli sonucu taşınabilecek yolcu sayısı ve Çizelge 8'deki Mart 2011'e kadar tahmin edilen yolcu başına toplam ortalama maliyetin değişimi Şekil 10'daki gibidir. Şekil 10'dan, Senaryo 2'ye göre Denizli kentindeki otobüsle toplu taşımacılık sistemi için Mart 2011'e kadar denge noktasına yolcu başına getirinin 0,76 TL, yolcu başına toplam ortalama maliyetin 0,62 TL ve 1.535.000 yolcu taşınması durumunda ulaşılabilecek hesaplanmıştır.



Şekil 9. Senaryo 1'e göre Mart 2011'e kadar taşınabilecek yolcu sayısı, yolcu başına getiri ve yolcu başına toplam ortalama maliyet ilişkisi

Çizelge 9. Nisan 2008 Nisan 2009 arasındaki yolcu başına getirilerin ortalamasında her ay enflasyon oranına göre % 0,85 artışı ile oluşacak yolcu başına getiriler

Ay	Yolcu başına getiriler (TL/Yolcu)	Ay	Yolcu başına getiriler (TL/Yolcu)
Mayıs 2009	0,70	Mayıs 2010	0,77
Haziran 2009	0,70	Haziran 2010	0,78
Temmuz 2009	0,71	Temmuz 2010	0,78
Ağustos 2009	0,71	Ağustos 2010	0,79
Eylül 2009	0,72	Eylül 2010	0,80
Ekim 2009	0,73	Ekim 2010	0,80
Kasım 2009	0,73	Kasım 2010	0,81
Aralık 2009	0,74	Aralık 2010	0,82
Ocak 2010	0,74	Ocak 2011	0,82
Şubat 2010	0,75	Şubat 2011	0,83
Mart 2010	0,76	Mart 2011	0,84
Nisan 2010	0,76		



Şekil 10. Senaryo 2'ye göre Mart 2011'e kadar taşınabilecek yolcu sayısı, yolcu başına getiri ve yolcu başına toplam ortalama maliyet ilişkisi

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Denizli kentindeki otobüs toplu taşımacılık sisteminin talep analizi yapılarak geleceğe yönelik bilet ücretleri farklı iki senaryo altında tahmin edilmiştir. Analizler yapılırken yolcu başına getiriler ile taşınan yolcu sayıları arasındaki ilişkiye bakılmış, bu ilişkinin anlamlı olup olmadığına karar verilmiştir. Daha sonra yolcu başına getirilerin eğilimi zaman serisine göre belirlenmiş ve bu eğilime göre Nisan 2009'dan itibaren gelecek 24 ay boyunca yolcu başına getirilerin tahmini yapılmıştır. Nisan 2008 ile Nisan 2009 arasındaki yolcu başına getiriler ile taşınan yolcu sayıları kullanılarak  $Y_{KTM}$  modeli oluşturulmuştur. 24 ay boyunca yolcu başına getiri tahminleri kullanılarak taşınabilecek yolcu sayıları bulunmuştur.  $Y_{KTM}$  katsayıları belirlenirken En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ve 'Çözücü' programı kullanılmıştır.

Geliştirilen KTM'nin kent içi otobüs taşımacılığı için talep tahmini ve bilet ücretlerinin belirlenmesinde faydalı bir araç olduğu bulunmuştur ve KTM kullanılarak iki adet farklı senaryo önerilmiştir. Bu senaryolar; Nisan 2009'daki yolcu başına getiride enflasyon oranında artış olma durumu (Senaryo 1) ve Nisan 2008 ile Nisan 2009 arasındaki yolcu başına getirilerin ortalamasında enflasyon oranında artış olma durumudur (Senaryo 2). Yolcu başına getirilerde artış oranları çok büyük mertebede olmadığı zaman taşınabilecek yolcu sayılarındaki değişikliğin çok fazla olmayacağı söylenebilir. Bu yüzden bilet ücretlerinin belirlenmesinde veya uygulanacak artış oranının belirlenmesinde karar vericilerin dikkatli davranması gereklidir. Artış oranının yüksek mertebede yapılması durumunda taşınabilecek yolcu sayısının azalacağı dolayısıyla otobüsle toplu taşımacılığın cazibesini kaybedeceği ve otobüsle toplu taşımacılıktan elde edilen gelirin azalacağı açıktır. Daha da önemlisi kentte yaşayan insanlar kentiçi yolculuklarında özel oto gibi daha başka tercihlere yönebileceklerinden kentiçi trafik işin içinden çıkılmaz bir hale dönüşebilir.

Bilet ücretlerindeki aylık artış oranının her ay küçük mertebelerde olması durumunda ve de kullanıcıların bu durumdan haberdar edilmesi şartıyla ilerleyen zamanlarda otobüsle taşınabilecek yolcu sayısı artabilecektir ve kentiçindeki özel taşıt yoğunluğundan kaynaklanan trafik sıkışıklığı azaltılabilecektir. Bu yüzden, otobüsle toplu taşımacılık sisteminde uygulanacak bilet ücreti artış oranları belirlenirken bu artış oranlarının makul seviyede tutulması sağlanmalıdır. Ulaştırma sektörü hizmet sektörü olduğu için karar vericiler, bilet ücreti artış oranlarının belirlenmesi esnasında vermiş oldukları hizmetin kar amacıyla yapılmadığını, vermiş oldukları hizmetle kentte yaşayan insanlara otobüsle toplu taşıma sistemini teşvik edecek kaliteli, ucuz hizmet sunmak zorunda olduklarını unutmamalıdır. Hem kaliteli hem de ucuz olan otobüsle toplu taşımacılık hizmeti Denizli kentiçi trafiğini olumlu yönde etkileyerek yaşanan trafik sıkışıklığını azaltabilecek ve kentiçi trafikte yaşanan zaman kayıpları azaltılabilecektir. Ayrıca, kentiçindeki ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği, gürültü kirliliği de azalacaktır.

Elde edilen verilerin kısıtlı olması nedeniyle (Nisan 2008 ile Nisan 2009 arası) oluşturulan modelin geçerliliği tartışılabilir. Bu yüzden, ilerleyen zamanlarda elde edilecek gözlem verileri ile modelin geçerliliği sınanmalı ve gerekirse modelin güncellenmesi yapılmalıdır. Ayrıca, yerel yönetimlerin ve işletmeciler özel firmaların bu tarz çalışmalarda araştırmacılara veri konusunda yardımcı olmaları gerekmektedir. Bunun gibi çalışmalar, yerel yönetimlere ve işletmeciler firmalara uygulayacakları toplu taşıma politikaları konusunda yardımcı olacaktır.

**TEŞEKKÜR**

Bu çalışma 1041119 Nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olduğundan verdiği destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

Ceylan, H., Başkan, Ö., Haldenbilen, S., Ceylan, H., “Şehiriçi Toplu Taşıım Sorunları Ve Çözüm Yöntemleri: Denizli Örneği”, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Hatay, 2007, s. 121-132.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), İstatistik Yıllığı, 2008 <http://www.kgm.gov.tr>

Ongkittikul, S. and Geerlings, H., “Opportunities for innovation in public transport: Effects of regulatory reforms on innovative capabilities”, Transport Policy, 2006, pp 1–11.

Pucher, J., Korattyswaroopam, N., and Ittyerah, N., “The Crisis of Public Transport in India: Overwhelming Needs but Limited Resources”, Journal of Public Transportation, 7(3), 2004, pp 95-113.

Singh, S.K., “Review of Urban Transportation in India”, Journal of Public Transportation, Vol. 8(1), 2005, pp 79-97.

Sohail, M., Maunder, D.A.C. and Cavill, S., “Effective regulation for sustainable public transport in developing countries”, Transport Policy, 2005, pp 1–14.

TUİK, Türkiye İstatistik Kurumu, 2009, <http://www.tuik.gov.tr>

UAP Denizli Belediyesi Ulaşım Ana Planı, Final Raporu, 2002.

UTFB Urban Transport Fact Book, 2005 <http://www.publicpurpose.com/ut-intlmkt95.htm>

Yaşar, A.B., “Kentiçi Otobüs Taşımacılığında Talep Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2009, Denizli, 70 sayfa.